

**Erhöhung der venösen Blutströmungs-
geschwindigkeit durch passives Treten
eines elektrischen Bettfahrrades**

Vorgelegt

von

Rudolf Winkler

aus

Sulzbach-Rosenberg

1977 № 339



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. G. Hegemann

Erhöhung der venösen Blutströmungsgeschwindigkeit
durch passives Treten eines elektrischen
Bettfahrrades

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Rudolf Winkler
aus Sulzbach-Rosenberg

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer
Referent: Priv. Doz. Dr. E. Mühe
Korreferent: Prof. Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 20. Oktober 1977

gewidmet meinen Eltern

I N H A L T S A N G A B E

A)	Einleitung	1
B)	Patientengut	3
C)	Methode	4
D)	Ergebnisse	11
	1. Messung der venösen Rückstromgeschwindigkeit im Bein- und Beckenbereich	11
	2. Venöse Rückstromgeschwindigkeit bei verschiedenen Risikofaktoren:	12
	a) Abhängigkeit vom Lebensalter	12
	b) Abhängigkeit vom Geschlecht	14
	c) Abhängigkeit vom Körpergewicht	15
	d) Abhängigkeit vom arteriellen Mitteldruck	16
	e) Abhängigkeit und Varicosis	18
	3. Venöse Rückstromgeschwindigkeit bei einseitig Beinamputierten	19
E)	Diskussion	20
F)	Zusammenfassung	28
G)	Literaturverzeichnis	30

Meist gibt erst eine letal verlaufende postoperative Lungenembolie den Hinweis auf eine vorausgegangene Thrombose. Diese Blutgerinnsel entstehen - wie sich gezeigt hat - zum größten Teil in den tiefen Bein- und Beckenvenen und zwar verursacht durch die drei Faktoren (27):

1. geschädigte Intima
2. erhöhtes Gerinnungspotential
3. verlangsamte Blutströmung

Seit geraumer Zeit hat sich aus dieser Virchow'schen Trias ein Hauptangriffspunkt herauskristallisiert, an dem die Bildung von Thrombosen wirksam angegangen werden kann: die Erhöhung der venösen Blutstromgeschwindigkeit.

Die Beschleunigung des Blutstromes wird erreicht durch Gabe von venotonisierenden Pharmaka, frühzeitigem postoperativem Aufstehen, Anlegen von Kompressionsverbänden und -Strümpfen, Ausstreichen der Beine bis hin zum Treten eines Bettfahrrades. Vor allem letzteres erwies sich als ein zuverlässiges Thromboseprophylaktikum (4, 5, 13, 18, 19).

Voraussetzung für das Bewegen eines Bettfahrrades ist aber die aktive Mitarbeit des Patienten. Deswegen ist die physikalische Thromboembolieprophylaxe bei zu bequemen, extrem geschwächten, bewußtlosen, relaxierten, gelähmten oder einbeinigen Kranken oft nicht möglich.

Ziel dieser Dissertation ist es, die Effektivität eines speziell für dieses Patienten-
gut entwickelten Elektrofahrrads darzustellen.

B) P A T I E N T E N G U T

An der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik der Universität Erlangen-Nürnberg haben wir vom 23.11.1976 - 11.3.1977 an fünfzig Patienten die venöse Rückstromgeschwindigkeit in Ruhe und beim passiven Treten eines elektrischen Bettfahrrades gemessen. Ausgewählt wurden solche Patienten, an denen größere chirurgische Eingriffe an Thorax oder Abdomen vorgenommen wurden. Es handelte sich ausnahmslos um zu bequeme, schwache, gelähmte, relaxierte, bewußtlose und einbeinige Patienten im Alter von 27 - 77 Jahren, die zum aktiven Treten eines normalen Bettfahrrades nicht fähig waren. Von den untersuchten Patienten waren 31 männlichen- und 19 weiblichen Geschlechts mit einem durchschnittlichen Gesamalter von 57,8 Jahren.

<u>Operation wegen</u> <u>Erkrankung an</u>	<u>Anzahl der</u> <u>Patienten</u>	<u>Geschlecht</u>	
		<u>männlich</u>	<u>weiblich</u>
Colon	6	3	3
Dünndarm	2	-	2
Leber	1	1	-
Magen	10	5	5
Milz	1	1	-
Pancreas	6	6	-
Rectum	15	10	5
Sigma	7	5	2
Sonstiges	2	2	-

Tab. 1: Bei den fünfzig Patienten wurde an aufgeführten Organen meist Exstirpationen und Resektionen durchgeführt; die Operationsdauer betrug im Durchschnitt 131 Minuten.

C) M E T H O D E

1. Geräte zur Beschleunigung und Messung der Blutströmungsgeschwindigkeit

- a) elektrisches Bettfahrrad
- b) 2-Kanalschreiber-Nucleopan von Siemens

2. Ablauf der Messung

zu 1 a): Zur Beschleunigung der venösen Blutströmungsgeschwindigkeit verwendeten wir ein elektrisches Bettfahrrad. Dieses wird mittels einer Zwinge am Fußende eines Bettes festgemacht.

Die Pedale des Gerätes sind mit Kunststoffkappen und Fersenriemen versehen die das Abrutschen der Füße des Patienten während der Bewegung verhindern. Unterhalb der Befestigung der Pedale ist ein Elektromotor installiert, der über einen Keilriemen mit der Fahrradnabe verbunden ist. Vom Motor führt ein Kabel zu einem getrennt aufgestellten, ca. 30 x 25 x 20 cm großen Transformator, der die Netzspannung von 220 V auf 40 V heruntertransformiert. Von diesem Trafo aus wird das Bettfahrrad eingeschaltet und kann mittels eines Drehschalters auf jede beliebige Umdrehungszahl eingestellt werden. Somit läßt sich für jeden Patienten die gleiche Umdrehungszahl vorgeben.

Durch ein gesondertes Zählwerk am Bettfahrrad wird die Anzahl der Umdrehungen registriert und gegebenenfalls durch Höherschalten korrigiert. Als Minimum mußten 50 U/min. für die Dauer von 5 Minuten eingehalten werden.



Abb. 1: Elektrisches Bettfahrrad mit Transformator

zu 1 b): Zur Messung der Blutströmungsgeschwindigkeit benutzen wir den 2-Kanalschreiber-Nucleopan von Siemens. Dieser besteht im wesentlichen aus zwei Funktionskollimatoren, die für die Messung auf vorgegebene Punkte aufgesetzt werden. Der Durchmesser dieser Kollimatoren im Hautniveau betrug 13,8 cm, in der Tiefe des Oberschenkels ca. 20 cm, sodaß die gesamte Aktivität an den Meßpunkten registriert werden konnte.

Die Quanten aus diesem Bereich werden durch den Kollimator auf einen Szintillationskristall geleitet, in welchem Atome bzw. Moleküle angeregt werden. Ihre Rückkehr in den Grundzustand wird von Lichtemissionen begleitet. Diese Lichtemissionen treffen auf einen Photomultiplier mit dessen Hilfe Licht in einen der Lichtintensität proportionalen elektrischen Strom umgewandelt wird. Der elektrische Impuls der hier entsteht wird zu einem Registrierwerk geleitet, welches je nach Impulshöhe die Kurven auf einem geeichten Registrierpapier ausschreibt.

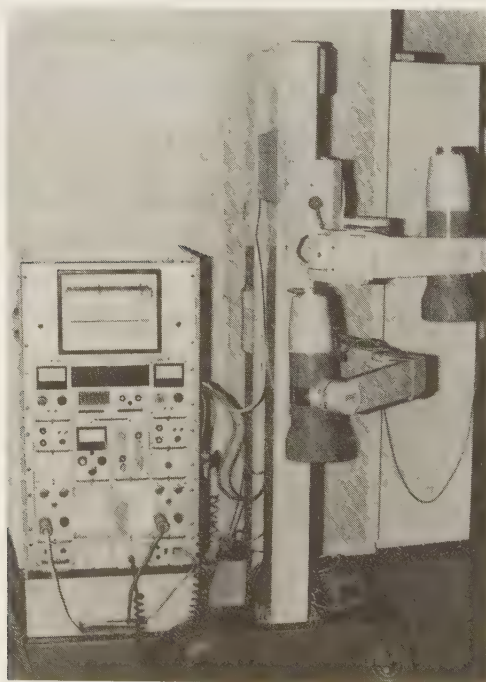


Abb. 2: 2-Kanalschreiber-Nucleopan von Siemens

zu 2.: Die venöse Blutströmungsgeschwindigkeit wurde am ruhenden Patienten und während der Tret-
übung gemessen.

Vor den Messungen unterrichteten wir die Patienten über den Ablauf und den Sinn der Untersuchung und sicherten uns ihre Einwilligung.

Für die Studie war eine wenigstens einstündige vorherige Bettruhe unerlässlich. Sämtliche Messungen wurden am liegenden Patienten vorgenommen, wobei Kopf- und Fußende des Bettes vollkommen waagrecht ausgerichtet waren.

Für beide Messungen übernahmen wir das von Mühe beim aktiven Pedaltreten entwickelte ¹³³Xenon-Verfahren, bei dem die venöse Rückstromgeschwindigkeit durch ein im Blutstrom mitgeführtes Isotop ermittelt wird.

In eine Vene des Arcus dorsalis pedis führten wir ein flexibles Säuglingsperfusionssystem* ein, das gut fixiert wurde, um auch bei bewegten Füßen ein ungehindertes Injizieren zu gewährleisten.

Meßbereiche zur Bestimmung der venösen Strömungsgeschwindigkeit waren die Länge des Beines, definiert als Entfernung zwischen Injektionsstelle am Fuß und dem Schnittpunkt der Vena femoralis mit dem Leistenband und der Beckenvenenbereich, festgelegt durch die Strecke zwischen Leistenband und der Vena cava.

*Firma Braun, Melsungen

Als reproduzierbaren Ort der Vena cava bestimmten wir den Mittelpunkt zwischen Nabel und Processus xiphoideus.

Zur Bestimmung der Zeit des venösen Durchflusses durch die untere Extremität bzw. durch das Becken benutzten wir das Radionuklid $^{133}\text{Xenon}$. Da $^{133}\text{Xenon}$ als Edelgas keine chemische Verbindung im Körper eingeht, werden bei der ersten Lungenpassage ca. 90 % wieder ausgeatmet.

Bei jeder Messung injizierten wir schußartig $200\text{ }\mu\text{Ci } ^{133}\text{Xenon}$, physikalisch gelöst in 20 ml physiologischer Kochsalzlösung, über das Perfusionssystem in den Arcus dorsalis pedis.

Durch die zwei Kollimatoren, die bei minimalem Fokus-Hautabstand auf die bereits erwähnten Punkte an Leiste und im Becken aufgesetzt wurden, registrierte der 2-Kanalschreiber-Nucleopan die Ankunftszeit der Aktivität.

Zur graphischen Darstellung der Strömungskurve diente ein geeichtes Registrierpapier das mit einer Geschwindigkeit von 3,75 cm/sec abrollte. Als Durchströmungsdauer wurde die Zeit zwischen dem schußartigen Injizieren des Radionuklids und dem jeweiligen Beginn des Anstiegs der Aktivität an den Meßpunkten bestimmt.



Abb. 3: Stellung der Kollimatoren des 2-Kanal-schreibers-Nucleopan an den Meßpunkten an Leiste und Vena cava

Im Anschluß an diese Ruhemessung befestigten wir das Elektrofahrrad am Fußende des Bettes und schnallten die Füße des Patienten an den Pedalen fest. Der Kollimator an der Leiste mußte für diese Untersuchung lateral am Körper angesetzt werden um ein ungehindertes Pedaltreten zu ermöglichen.

Dann ließen wir den Patienten mindestens vier Minuten lang jeweils 50 U/min. passiv treten. Bei Bewußtlosen war es erforderlich, während des Tretens die Beine aufrecht zu halten, um eine gleichmäßige Kreisbewegung zu gewährleisten.

Während des Pedaltretens spülten wir über das flexible Perfusionssystem ca. 20 - 30 ml physiologische Kochsalzlösung, um die Restaktivität so gering wie möglich zu halten.

Nach vierminütigem Treten erfolgte eine weitere Injektion von $200\text{ }\mu\text{Ci }^{133}\text{Xenon}$ und Registrierung der Aktivität an Leiste und Vena cava.

D) ERGEBNISSE

1. Messung der venösen Rückstromgeschwindigkeit im Bein- und Beckenbereich

Bei 50 Patienten, 31 Männern und 19 Frauen, wurde am fünften Tag postoperativ die venöse Rückstromgeschwindigkeit in Ruhe und während des passiven Tretens eines elektrischen Bettfahrrades gemessen.

Hierbei ergab sich im Bein (Injektionsstelle am Fuß - Schnittpunkt der Vena femoralis mit dem Leistenband) als Ruhewert eine venöse Durchschnittsgeschwindigkeit von 3,94 cm/sec.

Nach Ermittlung des Ruhewerts wurden die Patienten vier Minuten lang durch das Elektrofahrrad bewegt. Nach dieser Zeit betrug die venöse Durchschnittsgeschwindigkeit 14,25 cm/sec.

Setzt man den Ruhewert als 100 %, so stieg die venöse Strömungsgeschwindigkeit im Bein auf 361,7 % des Ruhewertes.

Im Beckenvenenbereich (Leistenband - Mittelpunkt der Strecke Nabel und Processus xiphoideus) ermittelten wir am ruhenden Patienten durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeiten von 3,11 cm/sec.

Nach einer Tretdauer von vier Minuten erhöhte sich dieser Wert auf 17,25 cm/sec.

Dies bedeutet eine Erhöhung der venösen Rückstromgeschwindigkeit im Beckenbereich auf 554,7 % des Ruhewertes.

Im gesamten Meßbereich (Injektionsstelle am Fuß - Mittelpunkt zwischen Nabel und Processus xiphoideus) ergab sich eine durchschnittliche Geschwindigkeit des venösen Blutes von 3,63 cm/sec.

Nach einer passiven Bewegungsübung von vier Minuten ermittelten wir einen Anstieg auf 14,44 cm/sec. Somit erhöhte sich im gesamten Meßbereich die Blutströmungsgeschwindigkeit auf 397,8 %.

2. Venöse Rückstromgeschwindigkeiten bei verschiedenen Risikofaktoren

a) Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit vom Lebensalter

Das Durchschnittsalter aller Untersuchten belief sich auf 57,8 Jahre; davon männlich 56,5 und weiblich 59,8 Jahre. Der jüngste Patient war 27, der älteste 77 Jahre alt. Die Zuordnung der Patienten zu verschiedenen Lebensdezennien ergab unterschiedliche Geschwindigkeiten (Tab 2, 3).

Beim Vergleich dieser Werte fällt auf, daß die venöse Rückstromgeschwindigkeit in der unteren Extremität am ruhenden und am bewegten Patienten mit steigendem Alter abnimmt (Tab 2, 3).

<u>Alter</u> <u>der Patienten</u>	<u>Anzahl</u> <u>der Patienten</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>	
		<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena cava</u>
27 - 30	2	5,66	5,25
31 - 40	4	5,38	4,53
41 - 50	5	3,98	3,70
51 - 60	15	3,96	3,64
61 - 70	18	3,67	3,40
71 - 77	6	3,39	3,25

Tab. 2: Die venösen Strömungsgeschwindigkeiten in Ruhe und verschiedenen Lebensaltern bei fünfzig Patienten

<u>Alter</u> <u>der Patienten</u>	<u>Anzahl</u> <u>der Patienten</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>	
		<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena cava</u>
27 - 30	2	14,94	15,04
31 - 40	4	14,46	14,14
41 - 50	5	13,69	13,72
51 - 60	15	13,80	14,18
61 - 70	18	11,31	11,33
71 - 77	6	10,33	9,72

Tab. 3: Die venösen Strömungsgeschwindigkeiten bei bewegten Beinen

b) Abhängigkeit der venösen Strömungsgeschwindigkeit vom Geschlecht

Von den untersuchten Patienten waren 31 männlichen und 19 weiblichen Geschlechts. Die durchschnittlichen Geschwindigkeiten zeigen, daß das Geschlecht bei der Strömungsgeschwindigkeit am liegenden Patienten keine erhebliche Rolle spielt (Tab 4).

Während des Tretens hingegen wird eine größere Abweichung der Geschwindigkeiten deutlich. Der Rückstrom bei Frauen ist auf der Strecke zwischen Fuß-Leiste um 19,9 % und einschließlich dem Beckenbereich sogar um 36 % schneller als bei Männern (Tab. 4).

Strömungsgeschwindigkeit in Ruhe

<u>Geschlecht</u>	<u>Anzahl der Patienten</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>	
		<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena cava</u>
männlich	31	3,86	3,45
weiblich	19	4,24	3,91

Strömungsgeschwindigkeit beim Treten

<u>Geschlecht</u>	<u>Anzahl der Patienten</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>	
		<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena cava</u>
männlich	31	13,25	10,96
weiblich	19	15,89	14,90

Tab. 4: Die venösen Rückstromgeschwindigkeiten in Ruhe und beim Treten bei 31 Männern und 19 Frauen

c) Abhängigkeit der Blutströmungsgeschwindigkeit
vom Körpergewicht des Patienten

Diese Untersuchung sollte zeigen, ob das Körpergewicht in einem direkten Zusammenhang mit der venösen Rückstromgeschwindigkeit steht. Hierfür teilten wir die Patienten in drei Gruppen ein: in Normal-, Über- und Untergewichtige. Dabei rechneten wir als Über- bzw. Untergewichtige diejenigen, deren Körpergewicht das Normgewicht um 10 % über- bzw. unterschritt. Als Normgewicht oder auch Sollgewicht legten wir zugrunde:

Körperlänge in cm minus 100

Das Normgewicht wurde als Sollgewicht $\pm 10\%$ angegeben.

Die gefundenen Ergebnisse zeigen die Tab 5 + 6.

<u>Gewicht</u>	<u>Anzahl</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>	
<u>der Patienten</u>	<u>der Patienten</u>	<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena cava</u>
Über-	16	3,37	3,20
Normal-	20	3,80	3,34
Unter-	14	4,84	4,38

Tab. 5: Die venösen Rückstromgeschwindigkeiten in flacher Rückenlage zeigen, daß das Körpergewicht keinen entscheidenden Einfluß auf die Fließgeschwindigkeit des venösen Blutes ausübt

Die Messungen bei bewegten Beinen ergaben bei verschiedenen Körpergewichten unterschiedliche venöse Strömungsgeschwindigkeiten. Auffallend war, daß beim Übergewichtigen der venöse Rückfluß nur 2,9 mal schneller war als in Ruhe, während dies beim Normalgewichtigen 3,9 mal der Fall war. Auf Bein- und Beckenbereich zusammen bezogen, fielen die Werte noch mehr auseinander und zwar 2,6 zu 4,2 mal.

<u>Gewicht</u>	<u>Anzahl</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>	
<u>der Patienten</u>	<u>der Patienten</u>	<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena cava</u>
Über-	16	9,87	8,43
Normal-	20	14,77	13,88
Unter-	14	17,74	15,75

Tab. 6: Die venösen Strömungsgeschwindigkeiten bei bewegten Beinen gemessen an über-, normal- und untergewichtigen Patienten

d) Abhängigkeit der venösen Rückstromgeschwindigkeit vom arteriellen Mitteldruck

Da der arterielle Mitteldruck eine genauere Auskunft über die Durchblutung von Gefäßen gibt als der systolische oder diastolische Druck, errechneten wir bei unseren Patienten den arteriellen Mitteldruck.

Dabei ergab sich, daß 25 Patienten einen Mitteldruck von 110 mmHg und darüber, und 25 Patienten einen geringeren Mitteldruck aufwiesen.

<u>arterieller</u> <u>Mitteldruck</u>	<u>Anzahl</u> <u>der Patienten</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>	
		<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena cava</u>
110 mmHg und mehr unter	25	3,81	3,45
110 mmHg	25	4,21	3,81

Tab. 7: Die venösen Rückstromgeschwindigkeiten am ruhenden Patienten zeigen keinen signifikanten Unterschied

<u>arterieller</u> <u>Mitteldruck</u>	<u>Anzahl</u> <u>der Patienten</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>	
		<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena cava</u>
110 mmHg und mehr unter	25	12,42	11,81
110 mmHg	25	16,08	13,87

Tab. 8: Die venösen Rückstromgeschwindigkeiten beim Pedaltreten waren für 25 Patienten mit einem höheren arteriellen Mitteldruck als 110 mmHg im Beinbereich um 3,66 cm/sec niedriger

e) Venöse Rückstromgeschwindigkeit und Varicosis

Unter den 50 untersuchten Patienten waren 18 Kranke, die sichtbare Varizen aufwiesen.

Beim ruhenden Patienten besteht kein signifikanter Unterschied der Strömungsgeschwindigkeiten zwischen Varizenträgern und Nichtträgern.

	<u>Anzahl</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>		
	<u>der Patienten</u>	<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena</u>	<u>cava</u>
Patienten mit sichtbaren Varizen	18	3,62		3,45
Patienten ohne sichtbaren Varizen	32	4,05		3,70

Tab. 9: Die venösen Rückstromgeschwindigkeiten bei flacher Rückenlage bei 18 Patienten mit Varizen und 32 Patienten ohne Varizen

Am tretenden Patienten ergab sich zu ungunsten der Varizenträger im Bein eine um 3,32 cm/sec und im Bereich Bein-Becken eine um 4,49 cm/sec langsamere Strömungsgeschwindigkeit.

	<u>Anzahl</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>		
	<u>der Patienten</u>	<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena</u>	<u>cava</u>
Patienten mit sichtbaren Varizen	18	12,39		12,05
Patienten ohne sichtbaren Varizen	32	15,71		16,54

Tab 10: Die venösen Rückstromgeschwindigkeiten am tretenden Patienten aufgegliedert in Patienten mit und Ohne Varizen

3. Venöse Rückstromgeschwindigkeit bei einseitig Beinamputierten

Unter den Untersuchten befanden sich zwei männliche Patienten, denen jeweils das rechte Bein amputiert worden war.

Die ermittelten Werte zeigen keine signifikanten Unterschiede zum Durchschnitt der übrigen 48 Patienten.

Strömungsgeschwindigkeiten in Ruhe

	<u>Anzahl</u> <u>der Patienten</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>	
		<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena cava</u>
Einbeinige Patienten	2	3,70	3,59
Normale Patienten	48	3,95	3,63

Strömungsgeschwindigkeiten beim Treten

	<u>Anzahl</u> <u>der Patienten</u>	<u>Geschwindigkeit in cm/sec</u>	
		<u>Fuß-Leiste</u>	<u>Fuß-Vena cava</u>
Einbeinige Patienten	2	14,58	14,10
Normale Patienten	48	14,24	14,37

Tab. 11: Die venösen Rückstromgeschwindigkeiten bei 2 einbeinigen Patienten in flacher Rückenlage und bei bewegten Beinen

E) DISKUSSION

Erhöhung der venösen Rückstromgeschwindigkeit durch Übungen ohne aktive Mitarbeit des Patienten

Die Erhöhung der venösen Rückstromgeschwindigkeit hat sich als wirkungsvolle Maßnahme zur Thromboseprophylaxe erwiesen. Ohne weitere Hilfsmittel und ohne größeren Aufwand können aktive krankengymnastische Übungen von allen Patienten ausgeführt werden, die sich einem kleinen oder mittelschweren chirurgischen Eingriff unterziehen mußten.

Demgegenüber sind Patienten, die postoperativ stark geschwächt, relaxiert, gelähmt oder bewußtlos sind, auf die Unterstützung durch das medizinische Hilfspersonal angewiesen.

Eine Maßnahme, die Strömungsgeschwindigkeit passiv zu erhöhen, ist die Elevation des Bettes am Fußende um ca. 20 Grad (10, 30) . Dadurch wird ein venöses Strömungsgefälle zum Herzen hin erzeugt, was zu einem verstärkten venösen Blutrückstrom führt.

Auf demselben Prinzip beruht das senkrechte Anheben der Beine. Damit läßt sich eine vorübergehende Beschleunigung des venösen Blutes auf das Dreieinhalbfache des Ruhewertes erreichen (19).

Eine weitere Möglichkeit, den venösen Rückstrom zu erhöhen, besteht im Ausstreichen der Beine (8, 10).

Dabei werden die Beine des Patienten mit beiden Händen kräftig von unten nach oben ausgestrichen. Dadurch wird eine kurzfristige Verengung des Venendurchschnitts erzielt, was eine höhere Fließgeschwindigkeit des Blutes bewirkt.

Die beiden letzten Übungen erfordern von der Krankengymnastin jedoch einen relativ großen Kraftaufwand.

Weitere passive Maßnahmen zur Erhöhung der venösen Strömungsgeschwindigkeit

Die Anwendung prophylaktischer Maßnahmen sollte nach Möglichkeit schon prä- und intraoperativ beginnen, denn nach Browse liegt während dieser Zeit bereits der Ursprung der postoperativen Thrombose (1). Deswegen fordert er auch den Einsatz elektrischer Wadenmuskelstimulation während der Operation. Durch elektrische Reize, die mittels Elektroden auf die Wadenmuskulatur übertragen werden, wird die Muskelpumpe dieses Beinabschnitts angeregt.

Ein sehr effektives und generell anzuwendendes Thromboseprophylaktikum stellen die elastokompressiven Verbände und elastische Strümpfe dar (6, 7, 17, 19, 20, 24, 28, 29).

Bei den bereits erwähnten Bewegungsübungen hält die Erhöhung der venösen Rückstromgeschwindigkeit praktisch nur so lange an, wie die Therapie durchgeführt wird. Dann stellt sich die venöse Fließge-

schwindigkeit wieder auf den Ausgangswert vor der Übung ein. Um nun auch in der Zeit zwischen den einzelnen Bewegungsübungen und auch des nachts eine Erhöhung des Blutstroms zu erreichen, haben sich elastokompressive Verbände und elastische Strümpfe bestens bewährt. Durch Verengung des Venendurchschnitts bewirken sie eine schnellere Durchströmung der Gefäße.

Medikamentöse Thromboseprophylaxe

Venentonisierende Pharmaka z. B. Venostasin oder Dihydergot beschleunigen ebenfalls infolge Engstellung des Flußbettes den venösen Blutstrom (12, 14, 16).

Im Gegensatz zu den Venopharmaka setzt die Gruppe der Antikoagulantien die Blutgerinnung herab und wirkt auf diese Weise thromboseprophylaktisch.

Anwendung finden die Antikoagulantien bei besonderen Risikopatienten auf der Intensivstation und bei solchen Kranken, die einer physikalischen Thromboseprophylaxe nicht zugänglich sind. Dagegen verbieten verschiedene Kontraindikationen wie z. B. die Blutungsgefahr aus okkulten Herden, allergische Reaktionen und gelegentlich auftretende Osteoporose die generelle Verabreichung zur Thromboseprophylaxe (3, 21, 29).

Verschiedene Methoden zur Darstellung der venösen Strömungsgeschwindigkeit

Die Messung der Blutströmungsgeschwindigkeit nach Ludwig war vom subjektiven Befinden des Untersuchten abhängig. Ludwig injizierte dabei 20 %ige Decholinlösung in eine Fußbrückenvene und bestimmte die Zeit bis die Lösung die Zungenwurzelarterie erreichte und die Versuchsperson einen bitteren Geschmack empfand (15).

Smith und Allen registrierten nach Injektion von Natriumcyanid die Zeit, bis sich die Nasenflügel des Probanden erweiterten und Tachypnoe und Tachycardie einsetzten (25).

Die erste Methode, mit der genau die Durchströmungsgeschwindigkeit von Körperteilen bestimmt werden konnte, war die Injektion von radioaktiven Substanzen und ihre Registrierung durch ein Geiger-Müller-Zählrohr (2, 22, 30). Dazu verwendeten Wright und Mitarbeiter das Radioisotop $^{24}\text{NaCl}$ mit einer Halbwertszeit von 0,93 Tagen. Dies hat den Nachteil, daß nicht mehrere Messungen hintereinander gemacht werden können.

Deswegen verwendeten wir das von Mühe angegebene $^{133}\text{Xenon}$ -Verfahren. Da $^{133}\text{Xenon}$ als Edelgas keine chemische Verbindung im Körper eingeht, wird

bei der ersten Lungenpassage ca. 90 % wieder abgeatmet und somit der Background für anschließende Messungen sehr niedrig gehalten (19, 23, 26).

Die Verwendung und Effektivität des elektrischen Bettfahrrades

In der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen hat sich seit Jahren neben den bereits erwähnten krankengymnastischen Übungen zur Thromboseprophylaxe das aktive Treten der Patienten mit einem Bettfahrrad bestens bewährt. Die günstige Wirkung des aktiv bewegten Bettfahrrades resultiert aus dem Zusammenspiel von 5 Faktoren:

1. durch das aktive Treten wird die Muskelpumpe mit Beteiligung fast aller Beinmuskeln angeregt
2. die Elevation der Beine bewirkt ein venöses Strömungsgefälle zum Herzen und
3. ein enggestelltes Flußbett, da oberhalb des Herzniveaus alle Venen kollabiert sind
4. durch den bei Muskelarbeit gesteigerten arteriellen Zufluß wird der venöse Abfluß beschleunigt
5. arbeitsbedingte Steigerung der Atemfrequenz durch vermehrten Sog fördert ebenfalls den venösen Rückfluß

Wie Mühe festgestellt hat, ist nach einer vierminütigen Tretdauer von 50 U/min. die höchste venöse Strömungsgeschwindigkeit erreicht (19). Die hausübliche Thromboseprophylaxe an der Chirurgischen Klinik Erlangen sieht ein 3 x tägliches Treten mit dem Bettfahrrad vor, wobei beim Treten die Umdrehungszahlen von 3 x 250/5 min., also 750/die, nicht unterschritten werden sollten.

Diese äußerst effektive Möglichkeit der Thromboseprophylaxe blieb bisher aber nur jenen Patienten vorbehalten, die imstande waren, aktiv diese Therapie mitzumachen. Bei unserem speziellen Patientengut, das sich aus zu bequemen, stark geschwächten, relaxierten, gelähmten, bewußtlosen und einbeinigen Kranken zusammensetzte, war eine aktive Bewegungsleistung nicht denkbar. Deswegen wurde ein handelsübliches Bettfahrrad mit einem Elektromotor versehen, um auch unseren Risikopatienten eine wirksame physikalische Thromboembolieprophylaxe zu ermöglichen.

Beim Vergleich der Effektivität zwischen aktiv und passiv bewegten Pedalen fällt auf, daß das passive Treten nicht den gleichen Effekt erzielt wie das aktive. Während beim aktiven Treten die Strömungsgeschwindigkeit im Bein um 440 %, im Becken um 470 % und im Bein und Becken zusammen um 455 % erhöht werden, liegen beim passiven

Treten die entsprechenden Werte im Bein mit 362 % und im Bein-Beckenbereich mit 398 % Erhöhung ungünstiger. Die Erklärung hierfür liegt darin, daß die Muskelpumpe beim passiven Treten nicht in Anspruch genommen wird. Erstaunlicherweise liegt die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit im Beckenbereich um 100 % höher als beim aktiven Treten. Vielleicht ist dies auch eine Folge des fehlenden Einsatzes der Muskelpumpe. Insgesamt gesehen erreicht das passive Treten aber nicht denselben Wirkungsgrad wie das aktive. Aber selbst mit dieser geringen Leistungseinbuße erzielt das Elektrofahrrad noch bei weitem bessere Beschleunigungswerte des venösen Blutstroms als alle anderen erwähnten physikalischen und medikamentösen Maßnahmen.

In einer parallel laufenden Studie stellten wir mit der ^{125}Jod -Humanfibrinogen-Methode fest, daß bei fünfzig Patienten, die postoperativ 3 x täglich 5 Minuten lang jeweils 250 U ausgeführt haben, sich nur bei einem Patienten (2 %) ein Thrombus gebildet hat (9).

Dagegen ermittelten wir in einer Kontrollgruppe von fünfzehn Patienten, die nicht mit dem elektrischen Bettfahrrad betreten wurden, bei vier Untersuchten Thrombosen (9).

	<u>Fahrradgruppe</u>	<u>Kontrollgruppe</u>	<u>Summe</u>
Thrombosen	1	4	5
keine			
Thrombosen	49	11	60
Summe	50	15	65

Tab. 12: Anzahl der Thrombosen in Fahrrad- und Kontrollgruppe

Der eine Thrombose-Patient der Fahrradgruppe war stark depressiv und verweigerte häufig die Tretübung. Er erzielte im Tagesdurchschnitt nur 293 Pedalumdrehungen, während es die übrigen 49 Kranken auf durchschnittlich 782 Umdrehungen brachten.

Mit diesem Ergebnis bewies das elektrische Bettfahrrad seinen großen Nutzen für das besprochene Patientengut.

F) Z U S A M M E N F A S S U N G

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, an fünfzig ausgewählten Patienten, die sich einem größeren chirurgischen Eingriff an Thorax oder Abdomen unterziehen mußten und postoperativ zu bequem, extrem schwach, relaxiert, gelähmt, bewußtlos oder einbeinig waren, die Effektivität eines elektrisch betriebenen Bettfahrrades zur Erhöhung der venösen Rückstromgeschwindigkeit zu messen.

Durch vierminütiges passives Treten eines elektrisch betriebenen Bettfahrrades mit 50 U/min. erhöhte sich die venöse Strömungsgeschwindigkeit im Bein um 362 %, im Becken um 555 % und im Bein und Becken zusammen um 398 % im Vergleich zum ruhenden Patienten.

Deshalb postulieren wir für unser Patienten-
gut 3 x täglich (morgens, mittags und abends)
jeweils 5 Minuten bei 50 U/min. (750 U/die) ein
elektrisches Bettfahrrad zu bewegen, um der Bildung von Thrombosen vorzubeugen.

Zur Ermittlung der venösen Strömungsgeschwindigkeit diente uns das von Mühe entwickelte ¹³³Xenon-Verfahren. Dabei wird das Radioisotop ¹³³Xenon in eine Fußrückenvene injiziert, und die Ankunft der Aktivität an den Meßpunkten Leiste und Vena cava mit einem Szintillationszähler registriert.

Das elektrische Bettfahrrad hat sich für den besprochenen Patientenkreis als nützliches und zuverlässiges Therapeutikum erwiesen. Deswegen ermöglicht seine Anwendung in Kombination mit elastischen Strümpfen und der sinnvollen Gabe von Antikoagulantien auch risikobehafteten Kranken eine optimale Thromboembolieprophylaxe.

G) L I T E R A T U R

- 1 Browse, N. L., Negus, D.: Prevention of Postoperative
Leg Vein Thrombosis by Electrical
Muscle Stimulation. An Evaluation
with ^{125}J -Labelled Fibrinogen;
Brit. Med. J., 3, 615-618 (1970)
- 2 Doran, F. S. A., Drury, M., Sivyver, A.: A Simple Way to
Combat the Venous Stasis which
Occurs in the Lower Limbs during
Surgical Operations;
Brit. J. Surg., 51, 486-492 (1964)
- 3 Fülgraff, G. und Palm, D.: Pharmakotherapie, Klinische
Pharmakologie;
Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart,
1. Auflage 1975
- 4 Gamble, H. A.: The Prevention of Postoperative
Embolism and Phlebitis;
Am. J. Surg., 28, 93-95 (1935)
- 5 Goldsmith, H. S.: Thromboembolic Disease, Emphasis
on Prevention;
Med. Times 96, 774-786 (1968)
- 6 Haid-Fischer, F. und Haid, H.: Venenerkrankungen;
Georg Thieme-Verlag, Stuttgart,
3. Auflage 1973

- 7 Haid, H.: Grundlagen zur Behandlung von Venenerkrankungen der Extremitäten mit Kompressionsverbänden; Dtsch. med. Wschr. 2, 73-74 (1966)
- 8 Halperin, M. H., Friedland, C. K and Wilkins, R. W.: The Effect of Local Compression upon Blood Flow in the Extremities of Man; Am. Heart J., 7, 221-237 (1947)
- 9 Härtling, F.: Thromboembolieprophylaxe durch passives Treten mit dem elektrischen Bettmotorrad; Inaugural Dissertation, Erlangen (1977)
- 10 Hegemann, G.: Thrombose und Thrombus-Embolie; Allgemeine Operationslehre 1. Band, Teil II, 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin (1958)
- 11 Kakkar, V.V.: The Diagnostics of Deep Vein Thrombosis Using the ¹²⁵Jod-Fibrinogen-Test; Arch. Surg. 104, 152-157 (1972)
- 12 Kolb, W.: Postoperative Thrombosehäufigkeit bei Patienten nach großen bauch- und thoraxchirurgischen Eingriffen; Inaugural-Dissertation, Erlangen (1972)

- 13 Krebs, J. M.: The Routine Use of Bicycle for the Prophylaxis of Postoperative Thrombophlebitis;
Am. J. Obst. Gynec. 44, 73-80
(1942)
- 14 Lange, L. und Echt, M.: Vergleichende Untersuchungen über venotonisierende Pharmaka;
Fortschr. Med. 80, 1161-1164
(1972)
- 15 Ludwig, H.: Die venöse Rückstromgeschwindigkeit unter verschiedenen klinischen Bedingungen;
Zbl. phleb. 2, 24-32 (1963)
- 16 Mellander, S., Nordenfelt, J.: Comparative Effects of Dihydroergotamin and Noradrenalin on Resistance, Exchange, and Capacitance Function in the Peripheral Circulation;
Clin. Science 39, 183-188 (1970)
- 17 Meyerowitz, B.R., Nelson, R.: Measurement of the Velocity of Blood in Lower Limb Veins with and without Compression;
Surg. 56, 481-486 (1964)
- 18 Moses, C.: Bicycle Exercises and Deep Breathing in the Prevention of Thrombosis;
Angiology 2, 138-140 (1951)

- 19 Mihe, E.: Postoperative Thrombosepro-
phylaxe durch Erhöhung der
venösen Strömungsgeschwindig-
keiten;
Habilitationsschrift, Erlangen
(1973)
- 20 Mihe, E. und Bayer, F.: Elastische Binden oder
Strümpfe zur Thrombosepro-
phylaxe ?
Klinikerzt 5, 177-184 (1976)
- 21 Murley, R. S.: Postoperative Venous Thrombosis
and Pulmonary Embolism with
Particular Reference to Current
Methods of Treatment;
Ann. Roy. Coll. Surg. 283-322
(1950)
- 22 Osborn, S. B. and Wright, H. P.: A Method of Estimating
the Time at which a Counting Rate
Changer, Using a Geiger-Müller-
Counter;
Brit. J. Radiolog. 22, 110-116
(1949)
- 23 Ross, R. S., Ueda, K., Lichtlen, P. R. and Rees, R.:
Measurement of Myocardial Blood
Flow in Animals and Man by
Selective Injections of Radio-
active Inert Gas into the Coronary
Arteries;
Circulation Res. 15, 28-41 (1964)

- 24 Sigg, K.: Die Kompression mit Verbänden
und Gummistrümpfen zur Prophylaxe
und Therapie venöser Beinleiden;
Fortschr. Med. 81, 601-606 (1963)
- 25 Smith, L. A., Allen, E. V.: Circulation Time from
Foot to Carotid Sinus and from
Arm to Carotid Sinus of Man;
Arch. Surg. 41, 1377-1393 (1940)
- 26 Ueda, K., Lichtlen, P. R., Rees, J. R., Ross, R. S.
and Jio, M.: Coronary Blood Flow
Measurement in Dog and Man Using
 ^{85}Kr or ^{133}Xe ;
Fed. Proc. 22, 641 - 643 (1963)
- 27 Virchow, R.: Die Verstopfung der Lungenarterie
und ihre Folgen; Beiträge exper.
Path. und Physiolog.;
Tranke, Berlin 2, 1 (1846)
- 28 Wilkins, R. W., Mixter, G. Jr., Stanton, J. R. and
Litter, J.: Elastic Stockings
in Prevention of Pulmonary
Embolism; A Preliminary Report;
New Engl. J. Med. 246, 360-364
(1952)
- 29 Willenegger, H., Sigg, K., Egli, E., Binswanger, J.:
Versuch zur Durchführung einer
Thromboembolieprophylaxe ohne
Antikoagulantien;
Schweiz. Med. Wschr. 87, 739-748
(1957)

30 Wright, H. P., Osborn, S. B. and Edmonds, D. G.:

Measurement of the Rate of Venous
Blood Flow in the Legs of Women
at Term and in the Puerperium
Using Radioactive $^{24}\text{Sodium}$;
J. Obstet. Gynaec. 56, 36-40
(1949)

L E B E N S L A U F

Ich, Rudolf Georg Winkler, wurde am 24.8.1950 in Sulzbach-Rosenberg/Bayern als zweites Kind des Arbeiters Georg Winkler und seiner Ehefrau Anna, geb. Ruppert, geboren. Zwischen 1956-1964 besuchte ich die Volksschule in meinem Geburtsort. Im Anschluß daran trat ich in die Staatliche Realschule in Sulzbach-Rosenberg ein. Das Abitur legte ich 1971 ab, nachdem ich drei Jahre das Städt. Wirtschaftswissenschaftliche Gymnasium in Amberg besucht hatte. Ab Oktober 1971 studierte ich an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Zahnmedizin. Im März 1974 legte ich die zahnärztliche Vorprüfung ab und im Dezember 1976 bestand ich das Staatsexamen der Zahnmedizin erfolgreich.

Rudolf Winkler

Buchdruck - Offsetdruck

Karl Döres, 852 Erlangen, Jägerstr. 3 · Tel. 2 15 21